

*У статті розглянуто питання прогнозування еволюції ергономічної системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище» з урахуванням впливу середовища на прикладі прогнозування обсягів перевезень пасажирів міським транспортом у м. Харкові*

**Ключові слова:** прогнозування, еволюція, обсяги перевезень, середовище

*В статье рассмотрен вопрос прогнозирования эволюции эргономической системы «водитель – транспортное средство – транспортная сеть – среда» с учетом влияния среды на примере прогнозирования объемов перевозок пассажиров городским транспортом в г. Харькове*

**Ключевые слова:** прогнозирование, эволюция, объемы перевозок, среда

*In article the question of forecasting of evolution ergonomic system «the driver – the vehicle – the transport network – environment» taking into account influence of environment on an example forecasting volumes of transportations passengers by a municipal transportation in Kharkov is considered*

**Keywords:** forecasting, evolution, volume of transportations, environment

УДК 656.135.073

# ПРОГНОЗУВАННЯ ЕВОЛЮЦІЇ СИСТЕМИ «ВТМС» З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ СЕРЕДОВИЩА

І.Е. Линник

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра містобудування\*

Контактний тел.: (057) 338-68-88, 050-935-68-92

Я.В. Санько

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра транспортних систем і логістики\*

\*Харківська національна академія міського

господарства

вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61002

## 1. Вступ

Одними з найважливіших показників при складанні коротко-, середньо- і довгострокових прогнозів, що враховуються при розробці Генеральних планів, Комплексних транспортних схем міст є обсяги перевезень пасажирів міським транспортом. Тому прогнозування еволюції системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище» (ВТМС) з урахуванням впливу середовища можна розглянути на прикладі прогнозування обсягів перевезень пасажирів міським транспортом у м. Харкові.

## 2. Визначення лагів станів системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище»

При розбитті на лаги станів можна використовувати історичний метод аналізу розвитку міського транспорту у м. Харкові [1 – 4]. Динаміка загальних обсягів перевезень пасажирів міським пасажирським транспортом у місті Харкові представлена на рис. 1. Аналіз представлених динамік показує, що зміни обсягів перевезень пасажирів різними видами транспорту і міським транспортом в цілому носять хвилюподібний характер. Періоди зростання чи падіння обсягів перевезень чергуються з періодами їхньої стабілізації. У періоди стабілізації з'являються нові пасажирські транспортні засоби у місті, відбуваються конструктивні зміни транспортних засобів, відкриття нових транспортних маршрутів. У періоди зростання реалізуються можливості цих змін.

Дослідивши історичні дані, можна виділити межі етапів еволюції обсягів перевезень пасажирів міським транспортом у м. Харкові. При розбитті на лаги станів необхідно враховувати загальносвітові і державні катаклізми, наслідком яких є збої ритму розвитку систем. До таких збоїв можна віднести:

- 1914 – 1917 – Перша світова війна;
- 1917 – 1919 – революція і громадянська війна;
- 1925 – 1927 роки – депресія в економіці,
- 1941 – 1945 роки – Друга світова війна.

Схема квантування часу існування системи ВТМС представлена на рис. 2.

## 3. Визначення впливу зовнішнього середовища на еволюцію системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище»

На кількість, напрями, дальність поїздок впливають доходи населення, які знаходяться в залежності від виробництва валового внутрішнього продукту (ВВП). Тому в якості зовнішнього фактора (середовища) можна прийняти виробництво ВВП, що відображає ефективність функціонування економіки [5, 6]. Тому далі необхідно визначити вплив зовнішнього середовища на еволюцію системи ВТМС. Для цього визначаємо ймовірності прийняття заданого стану середовищем у різні періоди існування системи ВТМС.

У період з 1985 по 1997 р.р. система знаходиться у замкнутому стані. Ймовірність прийняття середовищем заданого стану оцінюється за формулою

$$P_c^{\text{ВВП}} = 0,0397(0,5t_3)^2 - 0,04405t_3 + 0,04863, \quad (1)$$

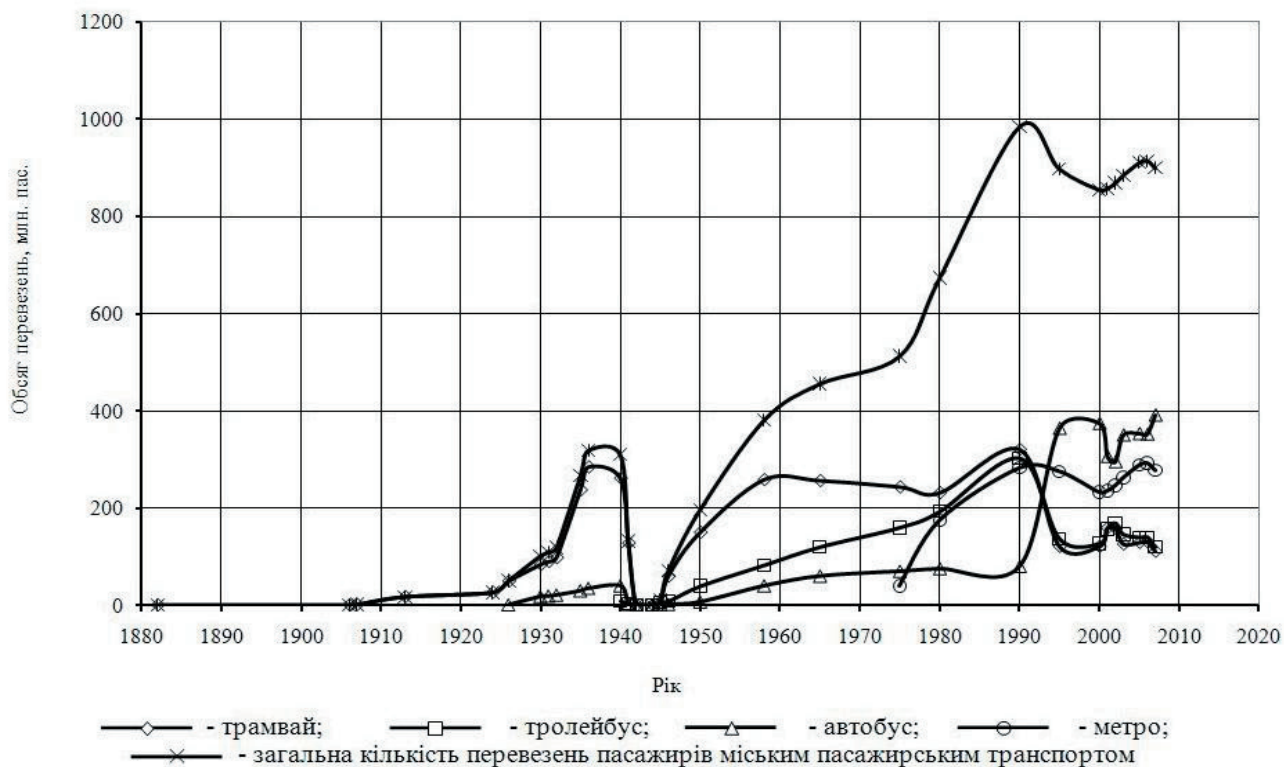


Рис. 1. Динаміка обсягів перевезень пасажирів міським пасажирським транспортом у м. Харкові

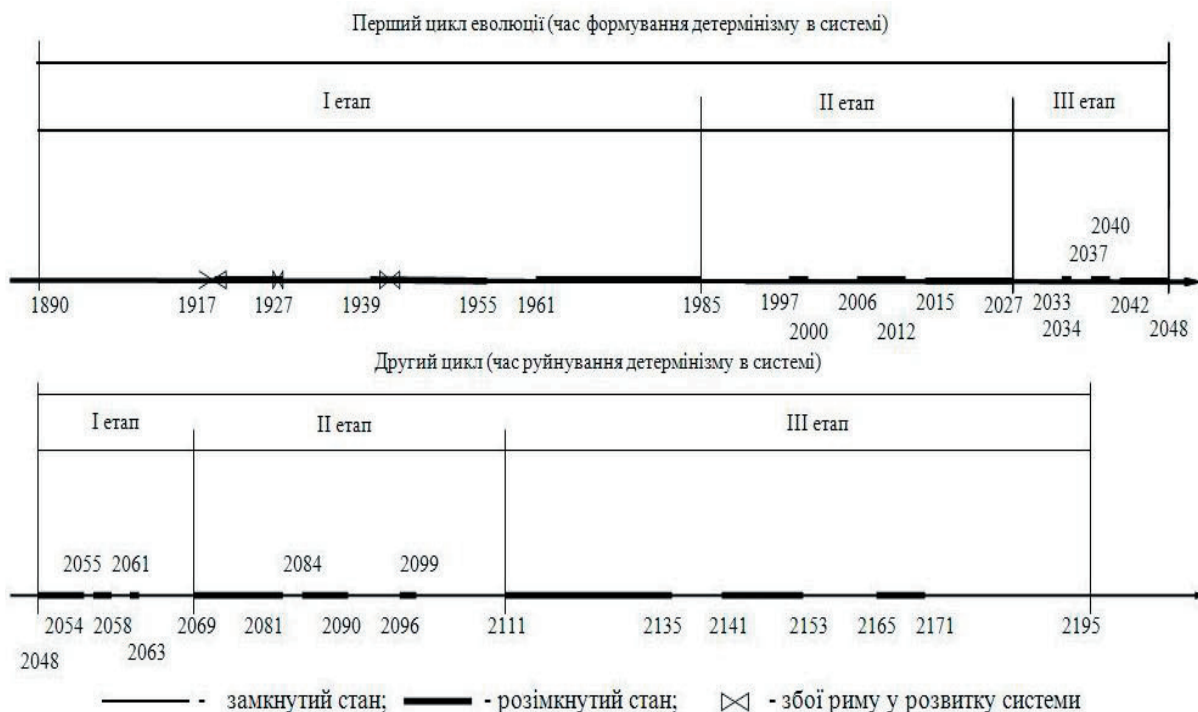


Рис. 2. Схема квантування часу існування системи ВТМС

де  $t_a$  – заданий час.

З 1997 по 2000 і з 2006 по 2012 роки система ВТМС знаходиться у розімкнутому стані і ймовірність прийняття заданого стану середовищем визначається так:

$$P_c^{BVP} = 1 - e^{-1.565t_a}. \quad (2)$$

З 2000 по 2006 роки система знаходиться у замкнутому стані, ймовірність прийняття середовищем заданого стану матиме вигляд

$$P_c^{BPP} = 0,1052(0,5t_3)^2 - 0,0048t_3 + 0,0006. \quad (3)$$

Далі необхідно визначити швидкості зміни станів і ймовірності прийняття заданих станів елементами системи ВТМС і всією системою в цілому.

#### 4. Прогнозування еволюції системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище»

Для моделювання еволюції системи ВТМС доцільно застосовувати метод еволюційно-ймовірнісного моделювання Гаврилова [7].

На першому циклі еволюції в інтервалах формування детермінізму рівняння динамічної рівноваги системи у замкнутому стані можуть бути представлені у вигляді

$$\begin{aligned} \frac{d^2V_B}{dt^2} + \frac{dV_B}{dt} + 0,5V_B &= 0, \\ \frac{d^2V_T}{dt^2} + \frac{dV_T}{dt} + 0,5V_T &= 0, \\ \frac{d^2V_M}{dt^2} + \frac{dV_M}{dt} + 0,5V_M &= 0, \\ \frac{d^2V_C}{dt^2} + \frac{dV_C}{dt} + 0,5V_C &= 0, \end{aligned} \quad (4)$$

де  $V_B, V_T, V_M, V_C, V_S$  - швидкості зміни координат стану відповідно водія, транспортного засобу, транспортної мережі, середовища і системи ВТМС.

Рівняння динамічної рівноваги системи ВТМС як єдиного цілого:

$$\frac{dV_S}{dt} + V_S = 0,5V_B - 0,5V_C + V_T - V_M. \quad (5)$$

На другому циклі еволюції відбувається декомпозиція відносин між частинами системи, тобто руйнування системи.

Тому рівняння динамічної рівноваги частин системи можуть бути представлені у вигляді

$$\begin{aligned} \frac{d^2V_B}{dt^2} - \frac{dV_B}{dt} + 0,5V_B &= 0, \\ \frac{d^2V_T}{dt^2} - \frac{dV_T}{dt} + 0,5V_T &= 0, \\ \frac{d^2V_M}{dt^2} - \frac{dV_M}{dt} + 0,5V_M &= 0, \\ \frac{d^2V_C}{dt^2} - \frac{dV_C}{dt} + 0,5V_C &= 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Рівняння динамічної рівноваги системи ВТМС як єдиного цілого:

$$\frac{dV_S}{dt} + V_S = -0,5V_B + 0,5V_C - V_T - V_M. \quad (7)$$

Часткове вирішення рівняння (5) при початкових умовах  $\alpha = \beta = 0,5$  і  $t_3$  - заданий час

$$V_S = \left[ V_{S0} - \left( \frac{a}{\lambda} - \frac{\beta}{\lambda} \cdot \frac{b\lambda + a\beta}{\lambda^2 + \beta^2} \right) \right] e^{-(t_3)} + e^{-\alpha(t_3)} \left[ \left( \frac{a}{\lambda} - \frac{\beta}{\lambda} \cdot \frac{b\lambda + a\beta}{\lambda^2 + \beta^2} \right) \cos \beta(t_3) + \frac{b\lambda + a\beta}{\lambda^2 + \beta^2} \sin \beta(t_3) \right], \quad (8)$$

де  $\lambda = 1 + \alpha$ ;

$$a = 0,5V_{B0} - 0,5V_{C0} + V_{T0} - V_{M0};$$

$$b = \left[ 0,5 \frac{\dot{V}_{B0} + \alpha V_{B0}}{\beta} - 0,5 \frac{\dot{V}_{C0} + \alpha V_{C0}}{\beta} + \frac{\dot{V}_{T0} + \alpha V_{T0}}{\beta} - \frac{\dot{V}_{M0} + \alpha V_{M0}}{\beta} \right].$$

Часткові вирішення системи рівнянь (6) і рівняння (7) ізоморфні вирішенням (8), але показник ступеня експоненти від'ємний, тобто  $\alpha = -0,5$ .

У розімкнутому стані кількісні характеристики визначають через ентропію. Тому на першому циклі еволюції поточну ентропію системи ВТМС знаходять так:

$$\begin{aligned} H_{B3} &= H_{B3}^0 + 2V_B t_3, \\ H_{BB} &= H_{BB}^0 + (V_B + V_C)t_3, \\ H_{TB} &= H_{TB}^0 + (3V_B + V_C)t_3, \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} H_{B3} &= H_{B3}^0 + (V_B + V_C)t_3, \\ H_{B3B} &= H_{B3B}^0 + 2V_B t_3, \\ H_{TB3} &= H_{TB3}^0 + (3V_B + V_C)t_3. \end{aligned} \quad (10)$$

де  $H_{TB}, H_{TB3}$  - поточні значення ентропії підсистеми «водій» і нового середовища відповідно;  $H_{B3}, H_{B33}$  - ентропія, що здобувається підсистемою «водій» і новим середовищем відповідно;  $H_{BB}, H_{B3B}$  - ентропія, що вилучається із підсистеми «водій» і нового середовища відповідно.

Динаміка абсолютної організації підсистеми «водій»:

$$Q_B = Q_B^0 - \Delta Q_B = Q_B^0 - (V_B - V_C)t_3, \quad (11)$$

і нового середовища:

$$Q_{B3} = Q_{B3}^0 + \Delta Q_{B3} = Q_{B3}^0 + (V_C - V_B)t_3. \quad (12)$$

Динаміка максимальної ентропії підсистеми «водій»:

$$H_{TB} = H_{TB}^0 + Q_B = H_{TB}^0 + 2(V_B + V_C)t_3, \quad (13)$$

і нового середовища:

$$H_{TB3} = H_{TB3}^0 + Q_{B3} = H_{TB3}^0 + 2(V_B - V_C)t_3. \quad (14)$$

На другому циклі еволюції змінюється співвідношення між швидкостями здобуття і вилучення ентропії. Тому

$$\begin{aligned} Q_B &= Q_B^0 + (V_B - V_C)t_3, \\ Q_{B3} &= Q_{B3}^0 - (V_C - V_B)t_3, \\ H_{TB} &= H_{TB}^0 + 4V_B t_3, \\ H_{TB3} &= H_{TB3}^0 + 4V_B t_3. \end{aligned} \quad (15)$$

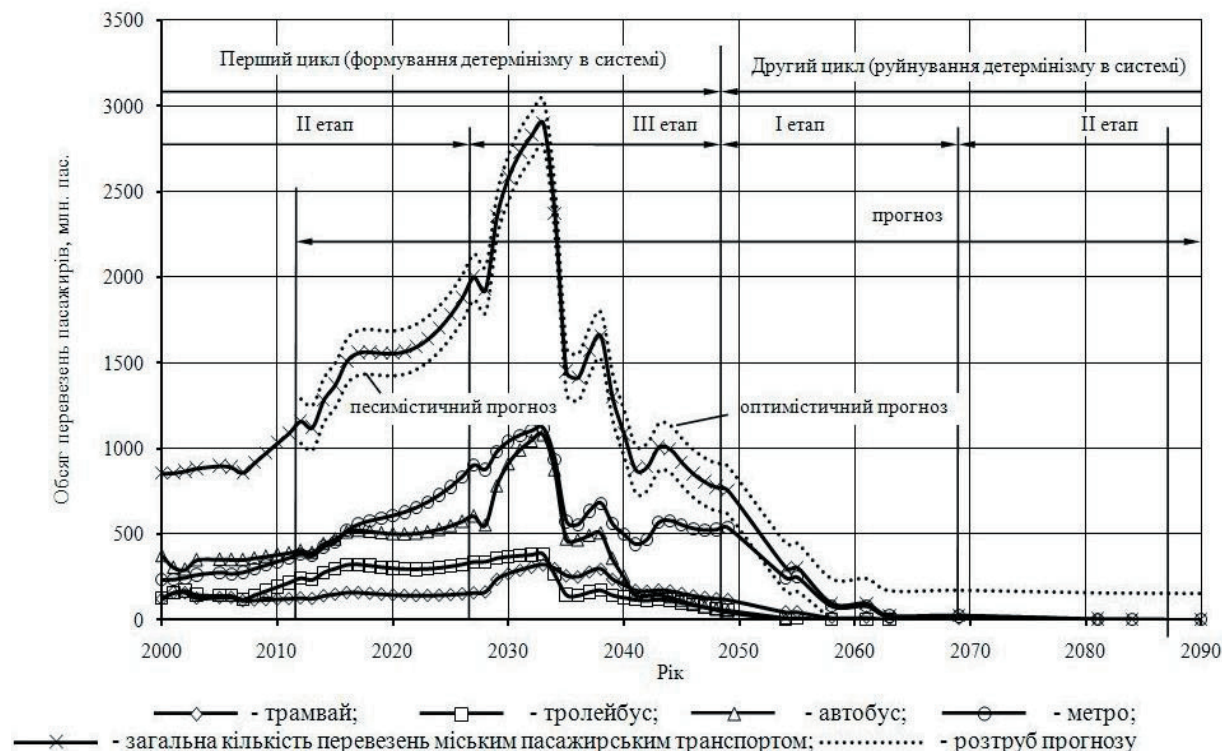


Рис. 3. Прогноз обсягів перевезень пасажирів міським пасажирським транспортом у м. Харкові з урахуванням впливу середовища

Прогноз загальних обсягів перевезень пасажирів міським пасажирським транспортом у місті Харкові представлений на рис. 3.

## 5. Висновки

Виконаний прогноз еволюції ергономічної системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище» на прикладі обсягів перевезень міським пасажирським транспортом м. Харкова, підтверджує теоретичні дослідження, що еволюція відбувається

циклічно. На першому циклі відбувається формування детермінізму в системі, на другому – відповідно руйнування. Кожен з циклів складається з трьох етапів, тривалість яких зменшується з переходом від одного до другого у два рази.

На другому циклі еволюції починаючи з середини XXI сторіччя поступово вилучатимуться із системи ВТМС різні види міського транспорту – автобус (50-ті роки), тролейбус (60-ті роки), трамвай (80-ті роки), метрополітен (90-ті роки). Тобто до кінці XXI сторіччя система ВТМС припинить своє існування і перейде на якісно новий рівень.

## Література

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
2. Квартальнов В. А. Туризм / В. А. Квартальнов. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 320 с.
3. Евтушенко, С. А. Эстафета в надежных руках / С. А. Евтушенко. – Х. : Прапор, 1983. – 112 с.
4. Статистичний щорічник : Харківська область у 2006 році / за ред. М. Л. Чмихала. – Х. : Головне управління статистики у Харківській області, 2007. – 560 с.
5. Гольц, Г. А. Долговременные исторические тренды как фактор экономического прогнозирования: транспорт, экономика, демография / Гольц Г. А. // Проблемы прогнозирования. – 2004. – № 2. – С. 25 – 36.
6. Гольц, Г. А. Магистральные грузовые перевозки и валовый внутренний продукт: историометрическое исследование для прогнозных целей / Гольц Г. А. // Проблемы прогнозирования. – 2009. – № 2. – С. 151 – 157.
7. Григоров, М. А. Прогнозирование расчетных характеристик для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог / Григоров М. А., Гаврилов Э. В., Григорова Т. М., Доля В. К. – Херсон: Изд. «Надднепряночка», 2006. – 192 с.